Über die mineralogische und chemische Zusammensetzung des am 16. Februar 1883 bei Alfianello gefallenen Meteorsteines.

Von **Heinrich** Baron von **Foullon**,

Assistent an der k. k. geologischen Reichsanstalt.

(Vorgelegt in der Sitzung am 7. Juni 1883.)

Daten über den Fall dieses Meteoriten finden sich unter anderen in den Verhandlungen der k. k. geologischen Reichsanstalt Nr. 6 von Dr. A. Březina, S. 93, und von Professor Josef Gallia, S. 92. Nach ersterem würde der Stein, nach einer brieflichen Mittheilung Professor Taramelli's ungefähr 260 Klgr. schwer gewesen sein, er wäre also der zweit- oder drittschwerste Steinmeteorit, den man überhaupt kennt. Bekanntlich wurde derselbe von den Landleuten in viele, meist kleinere Stücke zerschlagen, von denen mehrere in den Besitz der k. k. geologischen Reichsanstalt und den des mineralogischen Hofmuseums gelangten. Beide Institute überliessen mir in liberalster Weise das zur Untersuchung nöthige Material, ebenso wurde mir die Benützung der überaus reichen Meteoriten-Sammlung des mineralogischen Hofmuseums zum vergleichenden Studium in jeder Richtung gestattet, wofür ich meinen ergebensten Dank ausspreche.

Von den mir vorliegenden Stücken besitzt nur eines Rinde (Eigenthum des mineralogischen Hofmuseums) und erweist sie sich hier als ungewöhnlich dick — nur bei Château Renard (1841), Kakowa (1858), Cleguerec (Bretagne 1869) und einzelnen Stücken von Mócs (1882) konnte sie in ähnlicher Dicke wieder gesehen werden. Sie ist runzlig und stark blasig und gehört wohl der Rückenseite an, die beträchtliche Dicke kann demnach eine locale Anhäufung sein.

Die Bruchflächen frischer Stücke, mit denen noch keine Operationen, wie Schneiden etc. vorgenommen worden sind, sind

von sehr lichter Farbe und matt. Geschnittene Stücke sind weit dunkler. Dr. A. Březina stellte diesen Meteoriten a. a. O. S. 94 zu den intermediären Chondriten.

Auf Bruchflächen treten die Chondren sehr wenig hervor, der Meteorit bietet das Ansehen eines schwach graulich-weissen, fein krystallinischen Gesteines, in dem Magnetkies überall deutlich wahrnehmbar ist. Auf Schnittflächen werden die Chondren sehr deutlich sichtbar, ihre Schnitte sind selten genähert kreisförmig, nicht sehr scharf contourirt und einzelne lassen deutlich eine fächerartige Struktur erkennen. Der gefundene Maximaldurchmesser beträgt 5 Mm. Theils sind sie weiss, theils grau, was lediglich von den Grössenverhältnissen und der strukturellen Entwicklung der sie zusammensetzenden Mineralindividuen abzuhängen scheint. Schon Dr. A. Březina erwähnte a. a. O. S. 94 gewisser sammtschwarzer Chondren, „deren Substanz derjenigen der Rinde gleicht, sowie dies namentlich im Steine von Château Renard, ferner Kalumbi, Bachmut und anderen zu sehen ist“. In einem dieser Kügelchen tritt ein parallelopipedisches weisses Mineralindividuum hervor, das wohl als Enstatit zu bezeichnen sein dürfte. Ebenso erwähnte er bereits, dass manche der Chondren von Eisenadern durchsetzt werden.

Die Grundmasse, in der die Chondren liegen, besteht, wie man auf Schnittflächen sieht, aus Mineralindividuen, die bezüglich ihrer Grösse den Kügelchen mittleren Durchmessers ziemlich gleich kommen. Leider sind die zahlreichen feinen Klüfte und Zwischenräume zwischen den einzelnen Individuen vielfach mit Eisenoxydhydrat imprägnirt, so dass Unterscheidungen, namentlich bezüglich der Farbe nicht mit Sicherheit auszuführen sind.

Das Nickeleisen kann auf Bruchflächen fast gar nicht wahrgenommen werden, hingegen treten auf Schnittflächen die zackigen Partikel deutlichst hervor, manche erreichen bis 4 Mm. Durchmesser. Der Magnetkies ist durch den ganzen Stein reichlich vertheilt, meist bildet er kaum stecknadelgrosse zackige Körnchen, seltener traubenförmige Überzüge.

In Schliffen wird die schon bei der makroskopischen Betrachtung auffallende unregelmässige Form und Begrenzung der Chondren noch deutlicher. Die meisten Schnitte weichen von der genäherten Kreisform sehr ab, der Umfang bildet unregel-

mässige, oft complicirte Curven, ebenso ist die Oberfläche eine rauhe. Die Mehrzahl macht den Eindruck der Entstehung innerhalb der Gesteinsmasse, nur wenige lassen die Vorstellung einer gesonderten Bildung und nachherigen Umhüllung durch die Grundmasse zu, was namentlich von den schwarzen gilt, die ein rindenähnliches Aussehen haben.

Die Strukturverhältnisse und die Zusammensetzung der Kügelchen sind sehr verschieden. Ein Theil ist radialfeinfaserig bis radialstrahlig, die Ausgangspunkte der Fasern oder Stängeln liegen oft nahe der Peripherie; sie sind die unregelmässigst begrenzten und stellenweise durch eingelagerte feine Partikelchen getrübt. Ein anderer Theil ist, natürlich abgesehen von der Lage der Schnitte, mehr körnig, was hauptsächlich durch zwischengelagertes Erz bewirkt wird, indem nicht nur in radialer, sondern auch in concentrischer Richtung Einlagerungen vorhanden sind, jedoch nicht in solcher Regelmässigkeit, dass hiedurch eine concentrische Struktur bewirkt werden würde. In solchen sind zwei bis drei und selbst mehr, fast erzfreie Partien vorhanden, in denen dann mitunter auch die radiale Anordnung etwas unregelmässig wird. Einige wenige Kügelchen erscheinen parallelstängelig, und dass diese Erscheinung nicht eine durch den zufälligen Schnitt bewirkte ist, wird durch den mit dieser Anordnungsweise verbundenen hellen Rand dargethan. Der mittlere Theil ist durch kleine Erz- und Mineralpartikelchen vielfach getrübt, die durch die Art ihrer Einlagerung eine parallelstängelige Struktur bewirken, er besitzt einen Durchmesser von 0·65 Mm. Der Rand mit 0·06 Mm. Durchmesser besteht aus grösseren klaren Körnern, zwischen denen einzelne grössere Erzpartikel vorkommen, die Trübung fehlt, und sind die Körner in einer Reihe nebeneinander deutlich radial angeordnet. Alle diese durch Einlagerungen und Klüfte von einander getrennten Theile löschen, mit Ausnahme von ein paar kleinen Partikelchen, gleichzeitig parallel und senkrecht auf die stängelige Absonderung aus, gehören also einem Individuum an. Die Schnitte dieser Chondren nähern sich am meisten der Kreisform.

Jene Chondren, welche durch ihre rindenähnliche Beschaffenheit auffallen, erweisen sich als von schwarzen matten Partikelchen vollständig durchstäubt, von denen die allerkleinsten mit

brauner Farbe durchsichtig sind, sie sind ein eisenreiches Glas. Die übrige Masse ist fast farblos und ist eine Chondre von mehreren regellos angeordneten Individuen gebildet. Die Substanz wird beim Behandeln mit verdünnter heisser Salzsäure bald trüb, undurchsichtig und weiss, dürfte also Olivin sein.

In der Grundmasse sind die verschiedenen Mineralindividuen homogener ausgebildet und erscheinen demnach im Allgemeinen grösser als in den Kügelchen, wenn solche auch thatsächlich manchmal nur aus einem einzigen Individuum gebildet werden.

Die Formausbildung der den Meteoriten zusammensetzenden Minerale ist eine sehr mangelhafte, nur am Olivin sind ab und zu wenigstens theilweise die Formen wahrnehmbar, die er in Basalten am häufigsten zeigt, namentlich in mit Salzsäure behandelten Schliffen treten sie am besten hervor. Die Längsentwicklung einzelner Individuen entspricht nicht immer einer solchen nach der Axe *c*, wie sich dies aus den Orten des Austrittes von Axenbildern leicht erkennen lässt.

An Mineralen sind vorhanden:

Olivin. Er ist an seiner lichten Farbe, die ihn durchsetzenden Klüfte und durch die Zersetzbarkeit durch Salzsäure kenntlich. Meist bildet er Körner, seltener sind die bereits oben erwähnten Krystallformen vorhanden. Die Maximaldimensionen von dem grössten Individuum in der Grundmasse sind $0·75 \times 0·3$ Millimeter. Wie die Versuche der theilweisen Zersetzung mit Säure lehren, erscheint er auch nicht selten in den Kügelchen, wo er sich der Radial- und Parallelstruktur anschliesst, ja sogar in scheinbar richtungslos-körnigen Kügelchen bildet er parallele Blätter. Am wenigsten würde man ihn in den feinststängeligen oder faserigen Kügelchen vermuthen, aber auch hier tritt er theils regelmässig eingelagert, theils in langen Stängeln, die gegen die übrigen oft stark geneigt sind, auf.

Bronzit. Er ist stets etwas gefärbt, je nach der Dicke der Präparate von sehr licht gelblich bis bräunlichgelb, hie und da mit einem Stich in's Grüne, namentlich abgespaltene Splitterchen sind stark grünlich. Durch die mehr weniger deutliche Spaltbarkeit und die Auslöschungsrichtung ist er charakterisirt. Die Formen sind meist ganz unregelmässig, ab und zu mehr tafelförmig mit einiger Annäherung an rechteckige Begrenzung. Die

grössten Individuen übertreffen den Olivin wenigstens an Breite, d. h. die zwei senkrecht aufeinanderstehenden Hauptdimensionen sind unter sich weniger verschieden als beim Olivin. Abgesehen ist hiebei von der stängeligen Ausbildung in den Kügelchen, wo die einzelnen Individuen beider Minerale eine Länge erreichen, die oft nahe dem Durchmesser der Chondren gleichkommt.

Das augitische Mineral der Kügelchen ist in den feinfaserigen Chondren lichter gefärbt als in den stängeligen und mehr blätterigen. Ob nach diesem Färbungsunterschied und der abweichenden Struktur eine Theilung in Enstatit und Bronzit vorgenommen werden darf, oder ob die erstere Erscheinung nur durch letztere bewirkt ist, mag hier unentschieden bleiben. Nach dem Behandeln der Schliffe mit verdünnter heisser Salzsäure verschwindet dieser Farbenunterschied fast ganz, die Färbung wird lichter und nur wenige Körner behalten einen bräunlichgelben Stich bei. Makroskopisch lässt sich weisser Enstatit mit ziemlich grosser Sicherheit in den rindenähnlichen Chondren erkennen.

Beobachtungen, die auf die Gegenwart eines monoklinen Augit hindeuten würden, wurden keine gemacht.

Maskelynit. Der interessanteste Gemengtheil ist jedenfalls der feldspathartige. Er ist in ziemlich geringer Menge und kleinen, äusserst unregelmässig gestalteten Individuen nur in der Grundmasse vorhanden. Während zwischen den anderen Mineralien fast immer deutliche Klüfte wahrnehmbar sind, scheint der Maskelynit immer mit Bronzit verwachsen zu sein, wie in dem Meteoriten von Shergotty.[1] Die Substanz ist vollkommen farblos, wasserklar, zeigt aber nicht selten eine sehr feine aber scharfe Streifung in ausgezeichnetster Weise. Der Maskelynit im Meteorit von Shergotty enthält bei rechtwinkeliger Form entsprechend den Zuwachsstreifen Einschlüsse eines schwarzen undurchsichtigen Körpers und von Augit, namentlich die letzteren kehren hier oft in sehr grosser Menge wieder, sind aber bei vollständig unregelmässiger Form auch unregelmässig eingelagert. Die Einschlüsse erreichen in einzelnen Fällen gewiss bei 30%

---

[1] Tschermak die Meteoriten von Shergotty und Gopalpur. Sitzb. d. k. Akad. d. Wissenschaften, Bd. 65. 1872, S. 7.

und mehr der Gesammtmasse und dies mag die Ursache sein, dass nur kleine Theile der Individuen isotrop sind, während die übrigen eine schwache Aufhellung während der Drehung bei gekreuzten Nicols zeigen. Auch in den mir zum Vergleiche dienenden Tschermak'schen Originalpräparaten des Maskelynit von Shergotty kommen einzelne Stellen mit Doppelbrechung vor, wenn sie auch gegen den ausgezeichnet isotropen Theil fast verschwinden.

Hier misst aber ein Individuum 2·56×0·64 Mm., während in dem Meteoriten von Alfianello das grösste beobachtete Maximaldimensionen von 0·56×0·32 Mm. aufweist und hiebei nahezu die Hälfte des Schnittes von Augitpartikeln erfüllt ist. Die mittleren Dimensionen dürften durch ein Korn mit 0·24×0·13 Mm. repräsentirt sein, aber auch in diesem sind sieben grössere Einschlüsse, ein Erzkorn, ein dunkel gefärbtes Partikel (Glas?) und 5 grössere Augitpartikel (die kleineren gar nicht gezählt) alle gleich orientirt, eingelagert. Dass unter solchen Umständen durch Spannungen die beobachtbare schwache Doppelbrechung bewirkt wird, kann wohl kaum Wunder nehmen.

Über das Nickeleisen und den Magnetkies ist dem bereits Gesagten nichts mehr hinzuzufügen.

Zur Ermittlung der chemischen Zusammensetzung wurden Proben von vier Stücken, die Eigenthum der k. k. geologischen Reichsanstalt, und von zwei Stücken, die Eigenthum des k. k. mineralogischen Hofmuseums sind, genommen und ein feines Pulver hergestellt, im Gesammtgewichte von 16 Grm. Die Durchführung der Analyse erfolgte nach jener Methode, welche L. Sipöcz bei dem Meteoriten von Orvinio anwendete,[1] nur wurde zur Lösung des Nickeleisens nicht Kupferchlorid direct benützt, sondern solches, wie es aus der Doppelzersetzung von Kupfersulfat und Chlornatrium hervorgeht, mit welcher Lösung weit angenehmer zu operiren ist.[2]

[1] Tschermak's mineralogische Mittheilungen, 1874, S. 244.

[2] Herr L. Schneider, Probirer im k. k. Generalprobiramte, wendet sie seit Jahren zum Aufschliessen des Roheisens bei Kohlenstoffbestimmungen an, auch wir im Laboratorium der k. k. geologischen Reichsanstalt benützen sie mit bestem Erfolge. Die Herstellung ist sehr einfach: Die

Von dem getrockneten Pulver wurden 1 Grm. zur Bestimmung der Kieselsäure u. s. w. und 2 Grm. zur Bestimmung der Alkalien verwendet. Zur Ermittlung des Schwefelgehaltes dienten gesonderte Portionen, in welchen der Schwefel des Magnetkieses durch Salpetersäure oxydirt und als schwefelsaurer Baryt gewogen worden war.

Die Resultate der Bestimmungen sind folgende:

Kieselsäure	=	39·14%[1]
Eisenoxydul . . .	=	17·42
Thonerde	=	0·93
Magnesia	=	25·01
Kalk	=	1·96
Natron	=	0·75
Kali	=	0·10
Eisen	=	11·31
Nickel	=	1·09 [2]
Schwefel	=	2·71 [3]
		100·42%.

Das feine Pulver wurde mit sehr schwach verdünnter Salzsäure, der ein wenig Salpetersäure zugesetzt war, circa zwei Stunden nahe der Kochtemperatur behandelt, der Rückstand mit Natriumcarbonat behandelt und dann aufgeschlossen. Aus der Natriumcarbonatlösung wurde die Kieselsäure durch Ansäuren, Abdampfen und Filtration gewonnen. Wie ich mich später überzeugte, resultirt hiebei eine beträchtliche „kleine Kieselsäure", welche bei der quantitativen Bestimmung leider vernachlässigt

Lösungen von 1 Klgr. säure- und eisenfreiem Kupfervitriol und 3/4 Klgr. Chlornatrium werden gemengt, auf 2 Liter gebracht und zum Sieden erhitzt, heiss filtrirt, um möglichst viel Natriumsulfat abzuscheiden. Die Lösung bleibt klar und genügen 100 Cc. für 5 Grm. Roheisen.

[1] Bei der Aufschliessung für die qualitative Ermittlung von Phosphor wurden 39·62% gefunden.

[2] Eine Controlbestimmung ergab 1·08%.

[3] Mittel aus zwei Bestimmungen: 2·75 und 2·67%. Einzelne Theile des Meteoriten mögen noch reicher an Magnetkies sein, denn A. Cavazzi fand 3·7% Schwefel. Siehe: Intorno al saggio chimico della Meteorite caduta in Alfianello. Memorie dell' Accademia delle Scienze dell' Istituto di Bologna. Serie IV, Tomo IV, 1883. pag. 613.

worden war und wodurch die Menge der gelösten Kieselsäure als zu klein gefunden erscheint.

Die Resultate der verschiedenen Bestimmungen sind:

	Aufgeschlossener Rückstand	Restliche Bestandtheile nach obiger Analyse	In der Lösung und im Auszuge mit Natriumcarbonat
Kieselsäure . . . . =	23·26%	15·88%	15·34%
Eisenoxydul . . . =	5·03	12·39	12·49
Thonerde . . . . . =	0·68	0·25	0·18
Magnesia . . . . . =	9·83	15·18	15·52
Kalk . . . . =	1·72	0·24	0·24
	40·52%		43·77%
Alkalien nach obiger Analyse . .	0·85		
	41·37%		
Direct gewogener Rückstand	41·82%.		

Eine diesbezügliche gleiche Bestimmung ergab:

Kieselsäure . . . . =	22·95%
Eisenoxydul . . . . =	4·86
Thonerde . . . . =	0·64
Magnesia . . . . =	9·33
Kalk . . . . =	1·86
Alkalien wie oben . . . . =	0·85
	40·49%
Direct gewogener Rückstand	41·00%.

Nach diesen Resultaten wäre die Zusammensetzung des Meteoriten, wenn man hievon absieht, dass geringe Mengen des feldspathartigen Bestandtheiles zum Theil in Lösung gingen, folgende:

Bronzit und Feldspath . . . . . =	41·37%
Olivin . . . . =	43·77
Silikate . . . =	85·14%
Nickeleisen . . . . =	7·66
Magnetkies . . . . =	7·45
	100·25%.

Diese Mengenverhältnisse stimmen mit den beobachteten gut überein.

Eine Theilung des Rückstandes in Bronzit und Feldspath führt zu keinem befriedigenden Resultate, wenn man von der gefundenen Menge des Natrons ausgeht, da es vor Allem an Thonerde mangelt. Dieser Umstand ist selbstverständlich schon bei der Analyse sofort aufgefallen und wurde dieselbe auch nur desshalb wiederholt, ohne dass sie, wie obige Daten darthun, zu einem wesentlich anderen Resultate geführt hätte. Geht man von dem gefundenen Natrongehalt aus, um nach der von Tschermak ermittelten Zusammensetzung für den Maskelynit[1] die erforderlichen Mengen der einzelnen Bestandtheile, natürlich von der ungleichen Zersetzbarkeit der gemischten Silikate in dem vorliegenden Feldspathe abgesehen, zu bestimmen, so resultiren ungefähr 14·7% mit

Kieselsäure	= 8·28%
Thonerde	= 3·78
Kalk	= 1·71
Natron	= 0·75
Kali	= 0·19
	14·71%.

Eine Quantität, die nach der Beobachtung in Schliffen viel zu gross ist.

Geht man von dem gefundenen Thonerdegehalt aus und nimmt an, dass er in seiner Gesammtheit dem Maskelynit angehöre, so resultiren 3·62% dieses Minerals als Gemengtheil, was gegen den Befund in Schliffen immer noch etwas zu viel sein dürfte. Es sei gestattet, die Verhältnisse der ersteren und letzteren Annahme hier zahlenmässig auszuführen:

[1] A. a. O. S. 8 und 9.

I. Annahme.

	Bestandtheile des aufgeschlossenen Rückstandes	Erforderniss für 14·71% Maskelynit	Plus	Minus
Kieselsäure .	23·26%	8·28%	14·98%	—
Eisenoxydul .	5·03	—	5·03	—
Thonerde . . .	0·68%	3·78%	—	3·10%
Magnesia . . .	9·83	—	9·83%	—
Kalk	1·72	1·71	0·01	—
Natron	0·75	0·75	—	—
Kali	0·10	0·19	—	0·09

Wenn man hier die ganze Menge der Thonerde mit 0·93% in Rechnung zieht, so fehlen noch immer 2·85% und für den Bronzit bleiben, auf 100 Theile überrechnet, 50·20% Kieselsäure, 16·85% Eisenoxydul und 32·94% Magnesia.

II. Annahme.

	Bestandtheile des aufgeschlossenen Rückstandes	Erforderniss für 3·62% Maskelynit	Plus	Minus
Kieselsäure .	23·26%	2·04%	21·22%	—
Eisenoxydul .	5·03	—	5·03	—
Thonerde . . .	0·68	0·93	0·25	in Lösung
Magnesia . . .	9·83	—	9·83	—
Kalk	1·72	0·42	1·30	—
Natron	0·75	0·18	0·57	—
Kali	0·10	0·05	0·05	—

Für den Bronzit erübrigten hier in 100 Theilen:

Kieselsäure	55·84%
Eisenoxydul	13·24
Magnesia	25·87
Kalk	3·42
Natron	1·50
Kali	0·13
	100·00%.

Diese Verhältnisse entsprechen der Zusammensetzung des Bronzites weit besser, nur der Gehalt an Alkalien ist etwas hoch, Alkalien sind aber bekanntlich in dem Bronzit der Meteoriten constatirt worden. Ein Theil der gefundenen 0·93% Thonerde gehört jedoch wahrscheinlich dem Bronzit an, nachdem die meisten der zuverlässigen Analysen von Bronziten aus Meteoriten Thonerde ergeben, wonach sich der Percentsatz für Maskelynit reduciren muss, eine sichere Basis für die Vornahme einer entsprechenden rechnungsmässigen Theilung liegt aber in den gemachten Beobachtungen nicht vor.

Ein mit 5 Grm. gemachter Versuch, den Feldspath mittelst der Thoulet-Goldschmidt'schen Lösung zu trennen, ergab ein sehr versprechendes Resultat und ist nicht zu zweifeln, dass bei etwa 100—150 Grm. des Meteoriten genügendes Material zur Analyse erzielt werden könnte, allein bei dem grossen Reichthume an Einschlüssen wäre in diesem Falle kaum viel gewonnen.

Phosphorsäure wurde qualitativ in so geringer Menge nachgewiesen, dass auf eine quantitative Abscheidung verzichtet wurde. Sie stammt wohl von dem Phosphorgehalte sehr kleiner Quantität von Schreibersit her, welche Annahme durch den Umstand wesentlich unterstützt wird, dass auch in dem ausgezogenen Eisen Phosphorsäure nachweisbar ist.
